

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-103650

(43)公開日 平成8年(1996)4月23日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

B 01 J 20/06

識別記号

庁内整理番号

B

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 ○ L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-241662

(22)出願日 平成6年(1994)10月5日

(71)出願人 000176660

三徳金属工業株式会社

兵庫県神戸市東灘区深江北町4丁目14番34号

(72)発明者 八尾 伸也

大阪府吹田市山手町3-17 B-308

(72)発明者 橋井 英雄

神戸市東灘区深江北町4丁目14番34号 三徳金属工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 酒井 一 (外1名)

(54)【発明の名称】 酸素吸収・放出能を有する複合酸化物の製造法

(57)【要約】

【構成】酸化セリウム、酸化ジルコニウム及び酸化ハフニウムを必須成分として含有する複合酸化物を加熱還元処理し、次いで加熱酸化処理することを特徴とする酸素吸収・放出能を有する複合酸化物の製造法。

【効果】前記製造法では、従来の酸化セリウム及びセリウム、ジルコニウム複合酸化物に比して、更に優れた酸素吸収・放出能を容易に与えることができ、得られる複合酸化物は、触媒分野及び機能性セラミックス分野において極めて有用である。また新規な結晶相である $\phi'$ 相を有する酸化物を得ることができる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸化セリウム、酸化ジルコニウム及び酸化ハフニウムを必須成分として含有する複合酸化物を加熱還元処理し、次いで加熱酸化処理することを特徴とする酸素吸収・放出能を有する複合酸化物の製造法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、排ガス清浄用触媒、機能性セラミックス等に利用可能であり、特に優れた酸素吸収・放出能を有する複合酸化物の製造法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、酸化セリウムは排ガス清浄用触媒、セラミックス等として大量に使用されており、例えば触媒分野においては、酸化雰囲気下で酸素吸収し、還元雰囲気下で酸素放出するという酸化セリウムの特性を利用して、排ガス成分であるHC/CO/NO<sub>x</sub>等に対する浄化率の向上等が行われている。またセラミックス分野においては前記酸化セリウムの特性を利用して、他の元素との混合物、化合物として固体電解質等の導電性セラミックス等に利用されている。このような従来の酸化セリウムの調製法としては、例えばセリウムの硝酸塩溶液又は塩化物溶液に、シュウ酸若しくは重炭酸アンモニウムを添加し、得られる沈澱物を濾別、洗浄、乾燥及び焼成する方法等が知られている。

【0003】 しかしながら、前記方法等により製造された従来の酸化セリウムを主成分とする複合酸化物は、酸素吸収・放出能を有するものの、400～700℃においては十分な酸素吸収・放出ができず、またそれ以上の高温加熱後においては性能が低下する等の欠点がある。

【0004】 ところで、従来、高酸素吸収・放出能を有するセリウム、ジルコニウム複合酸化物（特開平5-105428号公報）が知られているが、更に優れた酸素吸収・放出能を示す複合酸化物の開発が望まれている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、優れた酸素吸収・放出能を有する酸化セリウム、酸化ジルコニウム及び酸化ハフニウムを含む複合酸化物を、容易に得ることができる製造法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、酸化セリウム、酸化ジルコニウム及び酸化ハフニウムを必須成分として含有する複合酸化物を加熱還元処理し、次いで加熱酸化処理することを特徴とする酸素吸収・放出能を有する複合酸化物の製造法が提供される。

【0007】 以下本発明を更に詳細に説明する。本発明の製造法では、酸化セリウム、酸化ジルコニウム及び酸化ハフニウムを必須成分として含有する複合酸化物（以下第1次複合酸化物と称す）に対して、加熱還元処理及び加熱酸化処理を行うことを必須の構成要件とする。

【0008】 前記第1次複合酸化物において、必須成分

の含有割合は、酸化セリウム4.99～98.99重量%、酸化ジルコニウム1～95重量%及び酸化ハフニウム0.01～20重量%であるのが好ましい。この際各成分の含有割合が前記範囲外の場合には、十分な酸素吸収・放出能が得られない恐れがあるので好ましくない。更に前記必須成分以外に、酸化チタン、酸化タンクステン、酸化ニッケル、酸化銅、酸化アルミニウム、酸化珪素、酸化ベリリウム、酸化マグネシウム、酸化カルシウム、酸化ストロンチウム、酸化バリウム、セリウム以外の希土類金属酸化物又はこれらの混合物等の他の金属酸化物を含有させることもできる。他の金属酸化物の含有割合は、複合酸化物Aの全重量に対して、0～10重量%であるのが好ましい。

【0009】 前記第1次複合酸化物を調製するには、例えばセリウムイオン、ジルコニウムイオン及びハフニウムイオン、更に必要に応じて前記他の金属酸化物を構成する金属元素イオンを含む溶液と、アンモニア水溶液、重炭酸アンモニウム水溶液又はシュウ酸水溶液を混合し、まずセリウム、ジルコニウム及びハフニウム含有複合塩沈澱物を調製する。該セリウムイオン、ジルコニウムイオン及びハフニウムイオンを含む溶液は、例えば硝酸セリウム水溶液とハフニウム含有ジルコニウム硝酸塩水溶液とを混合する方法等により得ることができる。また、この際必要に応じてチタンイオン、タンクステンイオン、ニッケルイオン、銅イオン、鉄イオン、アルミニウムイオン、珪素イオン、ベリリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、ストロンチウムイオン、バリウムイオン、セリウム以外の他の希土類金属イオン又はこれらの混合イオンを含む溶液を混合することもできる。

【0010】 前記セリウムイオン、ジルコニウムイオン及びハフニウムイオンを含む溶液の濃度は、各イオンを酸化物換算して、好ましくは30～200g/リットル、特に好ましくは50～100g/リットルの範囲であり、またセリウムイオン、ジルコニウムイオン及びハフニウムイオン、更に必要に応じて添加混合する他の金属イオンの配合割合は、各イオンを酸化物としての重量比で換算して、4.99～98.99:1～95:0.01～20:0～10であるのが望ましい。

【0011】 更に前記セリウムイオン、ジルコニウムイオン及びハフニウムイオンを含む溶液に混合する溶液の濃度は、アンモニア水溶液の場合、好ましくは1～2N、特に好ましくは1～1.5N、重炭酸アンモニウム水溶液の場合、好ましくは50～200g/リットル、特に好ましくは100～150g/リットル、シュウ酸水溶液の場合、50～100g/リットル、特に好ましくは50～60g/リットルの範囲である。また前記セリウムイオン、ジルコニウムイオン及びハフニウムイオンを含む溶液とアンモニア水溶液、重炭酸アンモニウム水溶液又はシュウ酸水溶液との混合割合は、それぞれ重

量比で、1:1～1:10が好ましい。この際得られる複合塩沈殿物は、例えば複合水酸化物、複合炭酸塩等である。

【0012】次いで前記複合塩沈殿物を300℃以上、好ましくは300～1000℃において1～10時間焼成することにより、第1次複合酸化物を得ることができる。また複合塩沈殿物を予め水熱処理等してから前記焼成工程を行うこともできる。該水熱処理は、通常オートクレーブ等により実施でき、その際の温度は100～135℃、処理時間は0.5～1時間の範囲であるのが望ましい。

【0013】また第1次複合酸化物は、次の方法等によつても得ることができる。具体的には例えば、酸化セリウム、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、若しくはハフニウム含有酸化ジルコニウム及び必要に応じて前記他の金属酸化物を、重量比で、酸化セリウム4.99～9.99:酸化ジルコニウム1～9.5:酸化ハフニウム0.01～2.0:他の金属酸化物0～1.0の割合で秤量後、均一に混合する。混合には通常のボールミル等を用いるのが好ましい。次に均一に混合した酸化物を加圧成形機で、好ましくは200～1000kg/cm<sup>2</sup>の圧力でペレット状に加圧成形後、700～1500℃で、1～10時間加熱焼結する。次いで焼結体を取り出し、ボールミル等の粉碎機で、好ましくは1.0～10.0mmに粉碎する方法等によって第1次複合酸化物を得ることもできる。

【0014】本発明の製造法では、続いて前記第1次複合酸化物を加熱還元処理するが、この加熱還元処理を行う前に、第1次複合酸化物に付着した不純物を除去しておくのが好ましい。該不純物の除去は、例えば第1次複合酸化物を真空加熱炉に装填し、真空引きの後、酸素ガス等を導入し、好ましくは200～1000℃において0.5～10時間保持する方法等により行うことができる。

【0015】前記加熱還元処理は、例えばまず真空加熱炉に第1次複合酸化物を装填し、真空引きの後、水素、一酸化炭素等の還元気体を導入・充填し、還元気体雰囲気中で、好ましくは600～1000℃、0.5～10時間加熱する方法等により行うことができる。この際、加熱時に、必要に応じて還元気体を流入させることもできる。使用する還元気体は、不活性気体で希釈されても良い。不活性気体で希釈する場合の還元気体濃度は、1%以上であるのが好ましい。また前記第1次複合酸化物に、炭素粉等の還元剤を混合し、好ましくは80.0～130.0℃で、1～10時間加熱処理する方法等によっても加熱還元処理を行うことができる。この際前記還元剤の混合量は、第1次複合酸化物中のセリウム量に対して、1～1.5倍当量の範囲であるのが好ましい。

【0016】次いで本発明の製造法では、前記還元加熱処理終了後、加熱酸化処理を行うことにより、所望の優

れた酸素吸収・放出能を有する複合酸化物を得ることができる。該加熱酸化処理は、前記加熱還元処理後、好ましくは再度真空引きを行つて、残存する還元気体を除去し、次いで、空気又は酸素ガス等の酸化気体を導入し、酸化気体雰囲気中で600～850℃、0.5～10時間加熱する方法等により行うことができる。この際、加熱時に、必要に応じて酸化気体を流入させることもできる。前記加熱還元処理及び加熱酸化処理は、2～3回繰り返すことができる。

10 【0017】本発明の製造法により得られる複合酸化物は、好ましくは400～700℃の温度範囲において、100μmol/g以上、特に好ましくは150μmol/g以上の酸素吸収・放出能を有する。このような酸素吸収・放出能は、複合酸化物中のセリウムの価数が、製造時4価であり、水素気流中等の還元下で加熱することにより3価となり、この価数変化によって生じる。また含有されるジルコニウム及びハフニウムは、セリウムの酸素吸収・放出能を促進する成分であつて、その価数は4価で一定である。更に得られる複合酸化物としては、これまで報告されていない新規な結晶構造であるφ'相を有するものも得られる場合がある。このφ'相は、CaF<sub>2</sub>構造のユニットを8個組合せた格子定数がおよそ2倍の構造をしており、計算で算出したX線回折パターンの(222)面、(400)面、(331)面、(333)面、(511)面、(440)面、(622)面及び(444)面にピークを示す結晶相である。しかしこのφ'相の同定にあたっては、前記X線回折図(331)面、(333)面及び(511)面のピークが組成によって小さく、X線回折の感度が弱い場合、これらの面のピークが出現しないことがある。しかし、これらのピークの存在にかかわらず、他の大きなピークで同定することができる。類似相として、tetragonal(正方晶系の)φ相(V. Longo and D. Minichelli: J. Amer. Ceramic Soc., 56(1973), 600.; P. Duran, M. Gonzalez, C. Moure, J. R. Jurado and C. Pascual: J. Materials Sci., 25(1990), 5001.)が知られているが、このφ相は、後述する計算で出したX線回折パターンと測定結果を示す図3及び図4のX線回折図を比較することにより、φ'相とは異相であることを確認することができる。

40 【0018】

【発明の効果】本発明の製造法では、複合酸化物に対して、加熱還元処理及び加熱酸化処理を行うことで、従来の酸化セリウム及びセリウム、ジルコニウム複合酸化物に比して、更に優れた酸素吸収・放出能を容易に与えることができ、得られる複合酸化物は、触媒分野及び機能性セラミックス分野において極めて有用である。

【0019】

【実施例】以下、実施例及び比較例により更に詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

50 【0020】

【実施例1】高純度硝酸セリウム溶液（三徳金属工業株式会社製：純度99.9%）を水に溶解して調製した酸化セリウム濃度300g/リットルの硝酸セリウム水溶液97mlに、硝酸ジルコニウム溶液（第一希元素株式会社製：純度99.9%）を水に溶解して調製した酸化ジルコニウム濃度25重量%の硝酸ジルコニウム水溶液55mlと、硝酸ハフニウム（和光純薬工業株式会社製：純度97%）を水に溶解して調製した酸化ハフニウム濃度10g/リットルの硝酸ハフニウム水溶液24mlとを混合し、Ce:Zr:Hf=89.7:10:0.3（重量比）であって、複合酸化物濃度50g/リットルのセリウムイオン、ジルコニウムイオン及びハフニウムイオン含有溶液を調製した。次いで得られた溶液1リットルに、別に調製した150g/リットル重炭酸アンモニウム水溶液1リットルを添加混合し、セリウム、ジルコニウム及びハフニウム含有複合炭酸塩の沈殿物を得た。得られた複合炭酸塩を300℃で5時間焼成し、セリウム、ジルコニウム及びハフニウム含有第1次複合酸化物50gを得た。

【0021】この第1次複合酸化物を真空加熱炉に装填し、真空引きの後、純酸素ガスを導入して900℃に加熱し、1時間保持して付着している不純物を除去した。その後1000℃まで降温させて真空引きを行い、酸素ガスを脱ガスしてからアルゴンガス希釈10%水素ガスを導入し、1000℃、5時間加熱した。次いで600℃に降温し、真空引きの後、酸素ガスを導入して、600℃で5時間加熱し、複合酸化物を合成した。得られた複合酸化物を、「固体電解質を用いた閉回路酸素分析手法によるプラセオジム酸化物薄膜の相変化の検出」（八尾伸也、幸塚善作：電気化学（電気化学協会誌）61, No. 2, P262(1993)）に示される電気化学的酸素ポンプ式閉回路酸素分析装置を用いて酸素吸収・放出能特性を測定した。結果を図1に示す。図1から酸素吸放出量を読みとった値を表1に示す。またX線回折装置（島津製作所社製）で結晶構造の回析を行ったところ $\phi$ 相を有していることが確認できた。その結果を図2に示す。更に得られた複合酸化物の組成を測定したところ、酸化セリウム58.2重量%、酸化ジルコニウム41.3重量%、酸化ハフニウム0.5重量%であった。

#### 【0022】

【実施例2】複合酸化物の組成を、酸化セリウム48.1重量%、酸化ジルコニウム51.3重量%、酸化ハフニウム0.6重量%となるように各原材料の配合量を代えた以外は、実施例1と同様に処理して複合酸化物を得、各測定を行った。結果を実施例1と同様に図1、図2及び表1に示す。

#### 【0023】

【実施例3】酸化セリウム（三徳金属工業株式会社製：純度99.9%）21.4gと、酸化ハフニウム1.17重量%を含有する酸化ジルコニウム（三徳金属工業株

式会社製：酸化ジルコニウム純度98.83重量%）28.6gをポールミルで混合後、加圧成形機で成形圧500kg/cm<sup>2</sup>で処理してペレットを成形後、大気中1500℃で5時間焼結した。このペレットをポールミルで粉碎し、第1次複合酸化物を得た。次に実施例1と同様に、真空加熱炉に装填し、真空引きの後、純酸素ガスを導入して、900℃に加熱して1時間保持し、付着している不純物を除去した。その後1000℃まで降温させ、真空引きの後、酸素ガスを脱ガスしてからアルゴンガス希釈10%水素ガスを導入して1000℃、5時間加熱した。次いで600℃に降温して真空引きの後、酸素ガスを導入し、600℃、5時間加熱することにより複合酸化物を合成した。

【0024】得られた複合酸化物について実施例1と同様に、酸素吸放出特性を測定した。結果を図1に示す。図1から酸素吸放出量を読み取った。その結果を表1に示す。また実施例1と同様に結晶構造の回析を行ったところ、 $\phi$ 相が確認された。結果を図2に示す。得られた複合酸化物の組成は、酸化セリウム42.8重量%、酸化ジルコニウム56.5重量%、酸化ハフニウム0.7重量%であった。

#### 【0025】

【実施例4】複合酸化物の組成を、酸化セリウム25.8重量%、酸化ジルコニウム73.3重量%、酸化ハフニウム0.9重量%となるように各原材料の配合量を代えた以外は、実施例3と同様に処理して複合酸化物を得、各測定を行った。結果を実施例3と同様に図1、図2及び表1に示す。

#### 【0026】

【実施例5】実施例1で調製した硝酸セリウム水溶液79mlと、ジルコニウム全量に対してハフニウムを1.17重量%含有する硝酸ジルコニウム含有溶液を水に溶解して調製した酸化ジルコニウム濃度25重量%の硝酸ジルコニウム含有水溶液68mlと、硝酸イットリウム（三徳金属工業株式会社製：純度99.9%）を水に溶解して調製した酸化イットリウム濃度100g/リットルの硝酸イットリウム水溶液8mlとを混合し、Ce:Zr:Hf:Y=49.9:47.8:0.7:1.6（重量比）であって、複合酸化物濃度50g/リットルとしたセリウムイオン、ジルコニウムイオン、ハフニウムイオン及びイットリウムイオン含有溶液を調製した。

次いで、実施例1と同様に行って第1次複合酸化物50gを得た。

【0027】この第1次複合酸化物を真空加熱炉に装填し、真空引きの後、純酸素ガスを導入し、900℃に加熱して1時間保持し、付着している不純物を除去した。その後1000℃まで降温させ、真空引きを行い、酸素ガスを脱ガスしてからアルゴンガス希釈10%水素ガスを導入して900℃、5時間加熱した。次いで600℃に降温して真空引きし、酸素ガスを導入し、600℃、5

時間加熱して複合酸化物を合成した。

【0028】得られた複合酸化物について実施例1と同様に、酸素吸放出特性を測定した。結果を表1に示す。また複合酸化物の組成は、酸化セリウム47.6重量%、酸化ジルコニウム50.2重量%、酸化ハフニウム0.6重量%、酸化イットリウム1.6重量%であった。

#### 【0029】

【実施例6】酸化セリウム（三徳金属工業株式会社製：純度99.9%）24.0gと、酸化ハフニウムを1.7重量%含有する酸化ジルコニウム（三徳金属工業株式会社製：酸化ジルコニウム純度98.83重量%）25.6gと、一般市販酸化カルシウム（純度99.9%）0.4gとをポールミルで混合後、加圧成形機で成形圧500kg/cm<sup>2</sup>としてペレットを成形後、大気中1500°Cで5時間焼結した。このペレットをポールミルで粉碎し、第1次複合酸化物を得た。次に実施例1と同様に、真空加熱炉に装填し、真空引きの後、純酸素ガスを導入、900°Cに加熱して1時間保持し、付着している不純物を除去した。その後100°Cまで降温させ、真空引きを行い、酸素ガスを脱ガスしてからアルゴンガス希釈10%水素ガスを導入して1000°C、5時間加熱した。次いで600°Cに降温して真空引きの後、酸素ガスを導入し、600°C、5時間加熱して複合酸化物を合成した。

\*

\*【0030】得られた複合酸化物について、実施例1と同様に酸素吸放出特性を測定した。結果を表1に示す。また実施例1と同様に結晶構造の回析を行ったところ、 $\phi'$ 相が確認された。結果を図3に示す。比較として、第1次複合酸化物についてX線回折を行ったところ、 $\phi'$ 相は確認されず、 $\phi$ 相が確認された。その結果を図4に示す。図3及び図4を比較することにより、 $\phi'$ 相が $\phi$ 相とは異相であることが判る。更に得られた複合酸化物の組成は、酸化セリウム48.0重量%、酸化ジルコニウム50.6重量%、酸化ハフニウム0.6重量%、酸化カルシウム0.8重量%であった。

#### 【0031】

【比較例1及び2】実施例1及び2で調製した第1次複合酸化物に対して加熱還元処理及び加熱酸化処理を行わなかったものに対し、X線回折及び酸素吸放出能特性の測定を実施例1と同様に行った。結果をそれぞれ図5、図6及び表1に示す。

#### 【0032】

【比較例3及び4】実施例3及び4で調製した第1次複合酸化物に対して加熱還元処理及び加熱酸化処理を行わなかったものに対し、X線回折及び酸素吸収・放出能特性の測定を実施例3と同様に行った。結果をそれぞれ図5、図6及び表1に示す。

#### 【0033】

#### 【表1】

	組成（酸素物重量%）					酸素吸放出能 酸素μmol/g
	Ce	Zr	Hf	Ca	Y	
実施例 1	58.16	41.35	0.49	—	—	1.112
〃 2	48.10	51.30	0.60	—	—	1.073
〃 3	42.81	56.52	0.67	—	—	1.009
〃 4	25.79	73.35	0.86	—	—	638
〃 5	47.63	50.20	0.59	—	1.58	1.053
〃 6	48.02	50.60	0.59	0.79	—	1.071
比較例 1	58.16	41.35	0.49	—	—	463
〃 2	48.10	51.30	0.60	—	—	655
〃 3	42.81	56.52	0.67	—	—	516
〃 4	25.79	73.35	0.86	—	—	408

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、実施例1～4で合成した複合酸化物の酸素吸放出能を示すグラフである。

【図2】図2は、実施例1～4で合成した複合酸化物のX線回折の結果を示すグラフであって、(a)は実施例1のグラフ、(b)は実施例2のグラフ、(c)は実施例3のグラフ、(d)は実施例4のグラフである。

【図3】図3は、実施例6で合成した複合酸化物のX線回折の結果と、 $\phi'$ 相の計算値によるX線回折パターンとを示すグラフである。

【図4】図4は、実施例6で合成した第1次複合酸化物のX線回折の結果と、 $\phi$ 相の計算値によるX線回折パターンとを示すグラフである。

50 【図5】図5は、比較例1～4で合成した複合酸化物の

酸素吸放出能を示すグラフである。

【図6】図6は、比較例1～4で合成した複合酸化物のX線回折の結果を示すグラフであって、(e)は比較例1のグラフ、(f)は比較例2のグラフ、(g)は比較例3のグラフ、(h)は比較例4のグラフである。

【符号の説明】

Z50: 実施例1

Z60: 実施例2

Z65: 実施例3

Z80: 実施例4

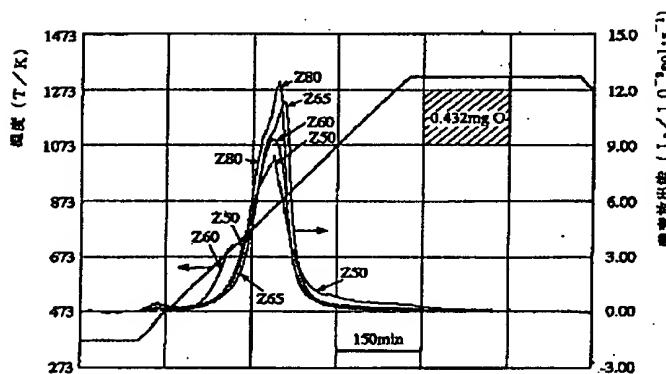
C50: 比較例1

C40: 比較例2

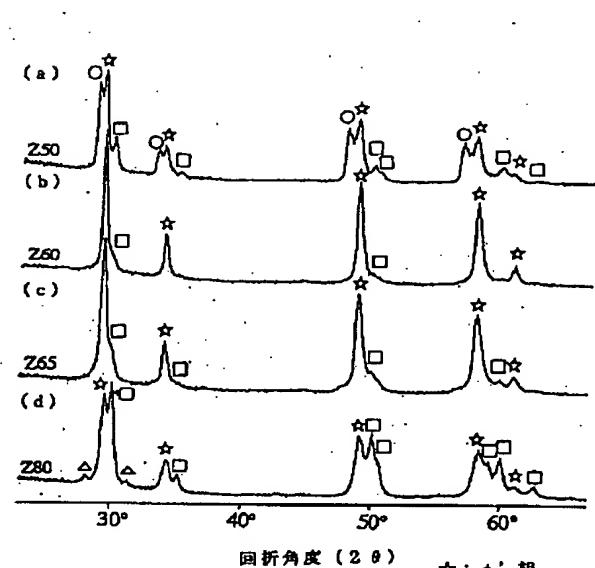
C35: 比較例3

C20: 比較例4

【図1】

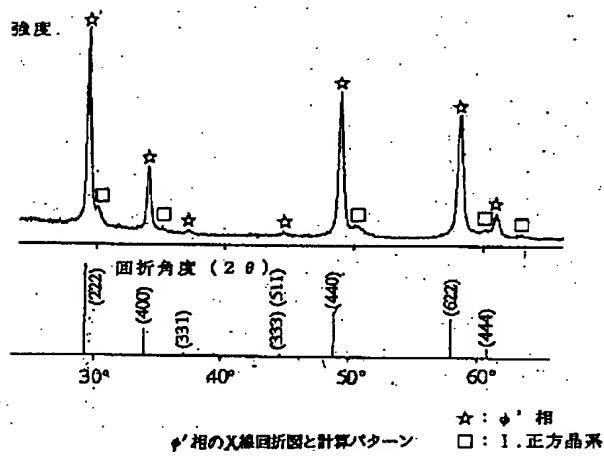


【図2】



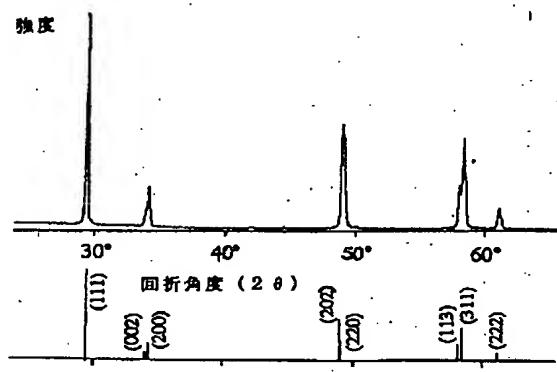
★: e' 相  
□: I. 正方晶系  
■: b. 正方晶系  
○: 立方晶系  
△: 単斜晶系

【図3】



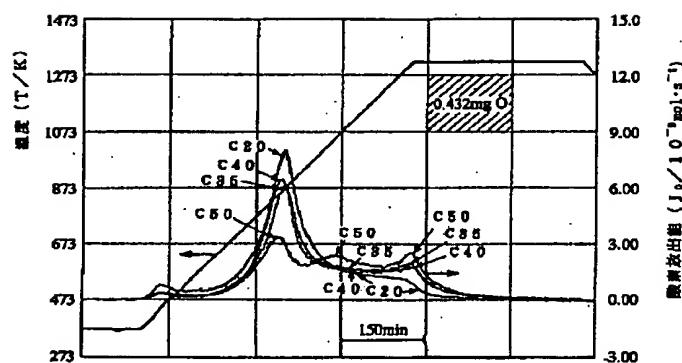
★: e' 相  
□: I. 正方晶系

【図4】



★: e' 相のX線回折図と計算パターン

【図5】



【図6】

